

(12) NACH DEM VEREINBAR ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
8. Januar 2004 (08.01.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/003239 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: C21D 1/09,  
B23K 26/00, B24B 1/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002093

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. Juni 2003 (24.06.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 28 743.0 27. Juni 2002 (27.06.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Hansastrasse 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WISSENBACH, Konrad [DE/DE]; Rumpelstrasse 95, 52134 Herzogenrath (DE); WILLENBORG, Edgar [DE/DE]; Ludwigsallee 81, 52062 Aachen (DE); PIRCH, Norbert [DE/DE]; Im Mittelfeld 52, 52074 Aachen (DE).

(74) Anwalt: GAGEL, Roland; Landsberger Str. 480a, 81241 München (DE).

(81) Bestimmungsstaat (national): US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

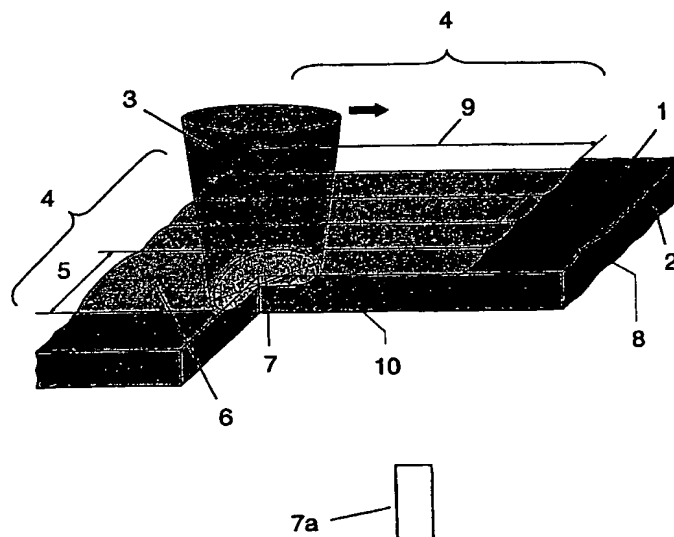
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR SMOOTHING AND POLISHING SURFACES BY TREATING THEM WITH ENERGETIC RADIATION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM GLÄTTEN UND POLIEREN VON OBERFLÄCHEN DURCH BEARBEITUNG MIT ENERGETISCHER STRAHLUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method for smoothing and polishing surfaces by treating them with energetic radiation, especially laser radiation. According to the invention, the surface (1) to be smoothed is remelted at least once in a first treatment step, using the energetic radiation (3) and first treatment parameters, down to a first remelting depth (10) of approximately 5 to 100  $\mu\text{m}$  which is greater than a structure depth of structures to be smoothed of the surface (1) to be smoothed, whereby a continuous radiation or pulsed radiation (3) with a pulse duration  $\geq 100 \mu\text{s}$  is used. The invention provides a fast, inexpensive and automated method for polishing any three-dimensional surfaces.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

BEST AVAILABLE COPY

WO 2004/003239 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

**(57) Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Glätten und Polieren von Oberflächen durch Bearbeitung mit energetischer Strahlung, insbesondere Laserstrahlung, bei dem die zu glättende Oberfläche (1) in einer ersten Bearbeitungsstufe unter Einsatz der energetischen Strahlung (3) mit ersten Bearbeitungsparametern zumindest einmal bis zu einer ersten Umschmelztiefe (10) von ca. 5 bis 100  $\mu\text{m}$  umgeschmolzen wird, die größer als eine Strukturtiefe von zu glättenden Strukturen der zu glättenden Oberfläche (1) ist, wobei kontinuierliche Strahlung oder gepulste Strahlung (3) mit einer Pulsdauer  $\geq 100\mu\text{s}$  eingesetzt wird. Das Verfahren ermöglicht es, beliebige dreidimensionale Oberflächen schnell und kostengünstig automatisiert zu polieren.

Verfahren zum Glätten und Polieren von Oberflächen  
durch Bearbeitung mit energetischer Strahlung

**Technisches Anwendungsgebiet**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren  
5 zum Glätten und Polieren von Oberflächen durch  
Bearbeitung mit energetischer Strahlung, insbesondere  
Laserstrahlung, bei dem die zu glättende Oberfläche in  
einer ersten Bearbeitungsstufe unter Einsatz der  
energetischen Strahlung mit ersten Bearbeitungs-  
10 parametern zumindest einmal bis zu einer ersten  
Umschmelztiefe umgeschmolzen wird, die größer als eine  
Strukturtiefe von zu glättenden Strukturen der zu  
glättenden Oberfläche und  $\leq 100 \mu\text{m}$  ist. Das Verfahren  
lässt sich bspw. für die Endbearbeitung von Werkzeugen  
15 und Formen im Maschinenbau einsetzen. Im modernen  
Maschinenbau und insbesondere im Werkzeug- und  
Formenbau werden hohe Anforderungen an die Qualität  
technischer Oberflächen gestellt. Fertigungsverfahren,  
wie bspw. Fräsen oder Erodieren, sind in den  
20 erreichbaren Oberflächenrauigkeiten jedoch begrenzt.  
Werden glatte, glänzende bzw. polierte Oberflächen  
benötigt, müssen weitere Fertigungsschritte, wie  
Schleifen und Polieren, folgen.

25 **Stand der Technik**

Die Endbearbeitung von Werkzeugen und Formen  
erfolgt heutzutage zum überwiegenden Teil durch  
manuelles Polieren. Die Handarbeit wird dabei durch  
elektrisch und pneumatisch angetriebene Geräte mit bis  
30 zu Ultraschall reichenden Arbeitsfrequenzen unter-

stützt. Zur Erreichung der Endpolierstufe werden die Arbeitsgänge Grobschleifen, Feinschleifen und Polieren mit immer feineren Polierpasten bis hin zur Diamantpaste abgearbeitet. Typische Polierzeiten liegen bei 30 min/cm<sup>2</sup>. Es sind Rauhtiefen von  $R_a < 0,01 \mu\text{m}$  erreichbar.

Maschinelle Polierverfahren haben den Nachteil, dass die bekannten Verfahren bei komplexen dreidimensionalen Geometrien der zu polierenden Oberflächen nicht angewendet werden können oder nur unzureichende Ergebnisse liefern.

Aus der DE 42 41 527 A1 ist ein Verfahren zum Aufhärten von Maschinenbauteilen durch Oberflächenaufwärmung mit einem Laserstrahl bekannt, mit dem gleichzeitig eine Glättung der Oberfläche des Maschinenbauteils erreicht werden kann. Die Bauteile liegen hierbei als Hartgussteile mit ledeburitischem Gefüge oder als Stahlteile mit perlitischem Gefüge vor. Bei dem Verfahren wird mit dem Laserstrahl eine Oberflächenschicht der Bauteile bis in die Nähe der Schmelztemperatur erwärmt, so dass in einer Randschicht eine Diffusion des Kohlenstoffs aus den Zementitlamellen des Ledeburits bzw. des Perlits in die weichen zwischenlamellaren Ferritbereiche stattfindet. Diese Diffusion des Kohlenstoffs führt zur gewünschten Aufhärtung der Oberfläche. Durch eine geeignete Einstellung der Laserparameter mit Energiedichten im Bereich von  $10^3 - 10^5 \text{ W/cm}^2$  wird zusätzlich ein ausgeprägtes Abdampfen und Schmelzen einer dünnen Oberflächenhaut erreicht, was zu einem gleichzeitigen Mikroglätten der Oberfläche führt. Für diese Anwendung werden Laserleistungen von ca. 4 - 12 kW benötigt.

Weiterhin ist aus der EP 0 819 036 B1 ein Verfahren zum Polieren von beliebigen dreidimensionalen Formflächen mittels eines Lasers bekannt, bei dem die

5 Kontur des zu bearbeitenden Werkstückes zuerst vermessen wird und dann aus der vorgegebenen Sollform und der gemessenen Istform die Bearbeitungsstrategie und die Bearbeitungsparameter abgeleitet werden. Das Glätten und Polieren wird durch einen abtragenden

10 Prozess realisiert. Für das Laserpolieren wird ein Bereich niedriger Laserintensität vorgeschlagen, da ein großer Materialabtrag bei dieser Anwendung nicht gewünscht ist. Weitere Hinweise auf Bearbeitungsstrategien oder Bearbeitungsparameter zur Erreichung

15 eines optimalen Glättungsgrades finden sich in dieser Druckschrift jedoch nicht. Der Kern des vorgeschlagenen Verfahrens besteht vielmehr darin, durch Abtasten der Oberfläche mittels einer 3D-Konturmesseinrichtung die Abweichung der Istform von der Sollform zu erkennen,

20 aus dieser Abweichung geeignete Bearbeitungsparameter zu errechnen und einzusetzen und diese Schritte zu wiederholen, bis die Istform erreicht ist. Der hierbei erforderliche Einsatz einer 3D-Konturmesseinrichtung ist jedoch aufwendig und durch die erforderliche

25 Messgenauigkeit mit sehr hohen Kosten verbunden.

Aus der DE 197 06 833 A1 ist ein Verfahren zum Glätten und Polieren von Oberflächen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 bekannt. Bei diesem

30 Verfahren wird die Oberfläche mit gepulster Laserstrahlung mit einer Pulsdauer zwischen 10 ns und 10  $\mu$ s in einer Tiefe von 2 bis 3  $\mu$ m mit jedem Laserpuls kurz aufgeschmolzen. Die mit jedem Laserpuls neu erzeugte

Schmelze erstarrt dabei wieder, bevor der nächste Laserpuls eintrifft. Das Verfahren eignet sich jedoch nur für die Glättung von Oberflächen mit sehr geringen Oberflächenrauigkeiten von  $R_z \leq 3 \mu\text{m}$ .

5

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Glätten und Polieren von Oberflächen durch Bearbeitung mit energetischer Strahlung, insbesondere Laserstrahlung, anzugeben, das  
10 keine teuren Messinstrumente erfordert und mit dem beliebige dreidimensionale Oberflächen, insbesondere Metalloberflächen, schnell und kostengünstig automatisiert poliert werden können.

#### 15        **Darstellung der Erfindung**

Die Aufgabe wird mit dem Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche oder  
20 lassen sich aus der nachfolgenden Beschreibung und den Ausführungsbeispielen entnehmen.

Beim vorliegenden Verfahren zum Glätten bzw. Polieren von Oberflächen durch Bearbeitung mit energetischer Strahlung, beispielsweise Laser- oder  
25 Elektronenstrahlung, wird die zu glättende Oberfläche in einer ersten Bearbeitungsstufe unter Einsatz der energetischen Strahlung mit ersten Bearbeitungsparametern zumindest einmal bis zu einer ersten Umschmelztiefe von ca. 5 bis 100  $\mu\text{m}$  umgeschmolzen, die  
30 größer als eine Strukturtiefe von zu glättenden Strukturen der zu glättenden Oberfläche ist, wobei kontinuierliche Strahlung oder gepulste Strahlung mit einer Pulsdauer  $\geq 100\mu\text{s}$  eingesetzt wird.

Vorzugsweise wird anschließend eine zweite Bearbeitungsstufe unter Einsatz der energetischen Strahlung mit zweiten Bearbeitungsparametern durchgeführt, in der nach der ersten Bearbeitungsstufe auf der Oberfläche verbleibende Mikrorauigkeiten durch Umschmelzen bis zu einer zweiten Umschmelztiefe, die kleiner als die erste Umschmelztiefe ist, und Verdampfen von Rauigkeitsspitzen eingeebnet werden. Diese bevorzugte Ausführungsform des vorliegenden Verfahrens beruht somit auf einem mehrstufigen Bearbeitungsprozess, der in eine Grob- und eine Feinstbearbeitung unterteilt werden kann. In der im Folgenden auch als Grobbearbeitung bezeichneten ersten Bearbeitungsstufe wird die zu glättende Oberfläche unter Einsatz der energetischen Strahlung mit ersten Bearbeitungsparametern ein oder mehrmals bis zu einer ersten Umschmelztiefe in einer Randschicht umgeschmolzen. Bei diesem Umschmelzprozess werden Makrorauigkeiten, die bspw. aus einem vorangegangenen Fräs- bzw. Erodierprozess stammen können, beseitigt. In einer im Folgenden auch als Feinstbearbeitung bezeichneten zweiten Bearbeitungsstufe werden anschließend unter Einsatz der energetischen Strahlung mit zweiten Bearbeitungsparametern nach der ersten Bearbeitungsstufe auf der Oberfläche verbleibende Mikrorauigkeiten eingeebnet. Die zweite Bearbeitungsstufe der Feinstbearbeitung beinhaltet somit einen kombinierten Abtrag- und Umschmelzprozess, bei dem die Dicke der umgeschmolzenen Randschicht jedoch geringer als die Dicke der in der ersten Bearbeitungsstufe umgeschmolzenen Randschicht ist.

Mit dem vorgeschlagenen Verfahren ist es möglich, beliebige dreidimensionale Werkstückoberflächen schnell und kostengünstig automatisiert zu polieren. Eine Vermessung der Kontur der zu polierenden Oberfläche ist  
5 hierbei nicht erforderlich. Durch den vorzugsweise mehrstufigen Bearbeitungsprozess mit unterschiedlichen ersten und zweiten Bearbeitungsparametern wird zudem ein hoher Glanzgrad der polierten Oberfläche erreicht.

10 Das Verfahren lässt sich insbesondere zum Glätten von dreidimensionalen Metalloberflächen einsetzen. So wurde es bspw. bereits zum Glätten und Polieren von Werkstücken aus den Stählen 1.2343, 1.2767 und 1.2311 sowie aus Titanwerkstoffen eingesetzt. Selbstverständ-  
15 lich lässt sich das vorliegende Verfahren auch bei anderen Metallen und Nichtmetallen, wie bspw. bei Werkstücken aus Kunststoffen, einsetzen. Der Fachmann muss hierbei lediglich die Bearbeitungsparameter den zu bearbeitenden Werkstoffen anpassen, um die Bedingungen  
20 für die erste und gegebenenfalls zweite Bearbeitungsstufe zu erreichen. Die ersten Bearbeitungsparameter werden dabei vorzugsweise so gewählt, dass eine oder nur eine möglichst geringe Abtragung von Material stattfindet, da das Glätten in dieser ersten Bear-  
25 beitungsstufe alleine durch das Umschmelzen der Randschicht bis zur ersten Umschmelztiefe erfolgt. Beim Glätten und Polieren von Kunststoffen ist die Durchführung nur der ersten Bearbeitungsstufe bereits ausreichend, um hervorragende Glättungsergebnisse zu  
30 erreichen.

Durch den Einsatz von kontinuierlicher oder gepulster energetischer Strahlung, insbesondere Laser-



strahlung, mit einer großen Pulsdauer  $\geq 100 \mu\text{s}$  wird das ein- oder mehrmalige Umschmelzen der Randschicht bis zur ersten Umschmelztiefe zu erreicht. Demgegenüber wird in der zweiten Bearbeitungsstufe vorzugsweise

5 gepulste Strahlung mit einer Pulsdauer von  $\leq 5 \mu\text{s}$  eingesetzt, um die für den kombinierten Umschmelz- und Abtragprozess erforderlichen höheren Intensitäten zu erzeugen. Die Oberfläche wird bei dieser zweiten

10 Bearbeitungsstufe vorzugsweise lediglich bis zu einer zweiten Umschmelztiefe von maximal  $5 \mu\text{m}$  umgeschmolzen, während die größere erste Umschmelztiefe in der ersten Bearbeitungsstufe vorzugsweise im Bereich zwischen  $10$  und  $80 \mu\text{m}$  liegt. Diese erste Umschmelztiefe in der

15 ersten Bearbeitungsstufe ist von der Größe der Makrorauigkeiten abhängig, die das zu glättende Werkstück aufweist. Je größer die zu glättenden Makrorauigkeiten sind, desto größer muss auch die erste Umschmelztiefe gewählt werden, um eine ausreichende Einebnung der Makrorauigkeiten zu erreichen.

20

Das Glätten und Polieren der Oberflächen mit der energetischen Strahlung sollte weiterhin unter einer Schutzgasabschirmung durchgeführt werden. Dies kann durch eine Bearbeitung innerhalb einer mit einem

25 Schutzgas gefüllten Prozesskammer oder durch Zufuhr des Schutzgases mittels einer Düse zu den gerade in Bearbeitung befindlichen Oberflächenbereichen erfolgen. Als Schutzgase können bspw. Argon, Helium oder Stickstoff eingesetzt werden.

30

Optimale Glättungsergebnisse werden beim vorliegenden Verfahren erreicht, wenn die Oberfläche des Werkstückes in der ersten Bearbeitungsstufe mehrmals

nacheinander, vorzugsweise mit von Umschmelzvorgang zu Umschmelzvorgang abnehmender erster Umschmelztiefe, umgeschmolzen wird. Die Bearbeitung mit der energetischen Strahlung wird dabei, wie auch in der zweiten

5   Bearbeitungsstufe, in bekannter Weise durch Abrastern der Oberfläche mittels des energetischen Strahls durchgeführt. Diese Abrasterung erfolgt in parallelen Bahnen, wobei sich die einzelnen durch den Durchmesser des energetischen Strahls in der Breite festgelegten

10   Bahnen teilweise überlappen sollten. Bei dem mehrmaligen Umschmelzen der Oberfläche wird die Bearbeitungsrichtung vorzugsweise zwischen den einzelnen Umschmelzvorgängen um einen Winkel von z.B.  $90^\circ$  gedreht, so dass die Bahnen aufeinander folgender

15   Umschmelzvorgänge senkrecht zueinander liegen.

#### **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

Das vorliegende Verfahren wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den

20   Zeichnungen ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens nochmals kurz erläutert. Hierbei zeigen:

- 25   Fig. 1       schematisch anhand einer Skizze die Abrasterung der zu glättenden Oberfläche mit einem Laserstrahl;
- 30   Fig. 2       stark schematisiert ein Beispiel für ein Ausgangsprofil einer Oberfläche sowie das Resultat unterschiedlicher Polierkonzepte;
- Fig. 3       einen Vergleich des Oberflächenprofils einer unbearbeiteten gefrästen Ober-

fläche mit dem Oberflächenprofil der Oberfläche nach der ersten Bearbeitungsstufe des vorliegenden Verfahrens;

- 5            Fig. 4        ein Beispiel für die Bearbeitungs-  
strategie beim Aneinandersetzen  
mehrerer Bearbeitungsabschnitte;
- Fig. 5        ein Beispiel für die Bearbeitungs-  
strategie zum Erhalt von Kanten an der  
10            zu glättenden Oberfläche;
- Fig. 6        schematisch ein Beispiel für die  
unterschiedlichen Umschmelztiefen der  
ersten und zweiten Bearbeitungsstufe  
des vorliegenden Verfahrens;
- 15            Fig. 7        eine Darstellung des gemessenen Ober-  
flächenprofils nach der ersten und nach  
der zweiten Bearbeitungsstufe im  
Vergleich;
- Fig. 8        eine photographische Darstellung einer  
20            Oberfläche vor der Glättung, nach der  
ersten Bearbeitungsstufe sowie nach der  
zweiten Bearbeitungsstufe mit dem  
vorliegenden Verfahren; und
- Fig. 9        ein Beispiel für die Glättung einer  
25            Oberfläche unter Beibehaltung von  
übergeordneten Strukturen mit dem  
vorliegenden Verfahren.

#### **Wege zur Ausführung der Erfindung**

- 30            Figur 1 zeigt stark schematisiert den Bearbei-  
tungsprozess beim vorliegenden Verfahren durch

Abrastern der Oberfläche 1 des zu bearbeitenden Werkstückes 2 mit einem Laserstrahl 3. Der Laserstrahl 3 wird hierbei in parallelen Bahnen 6, vorzugsweise mäanderförmig, über einen Abschnitt 4 der zu bearbeitenden Oberfläche 1 geführt. Die Breite 5 (Spurbreite) der einzelnen Bahnen 6 ist durch den Durchmesser 7 des Laserstrahls an der Oberfläche 1 vorgegeben. Dieser Strahldurchmesser 7 kann selbstverständlich zur Erzielung einer geeigneten Intensität oder Spurbreite mit Hilfe einer vorgeschalteten Optik angepasst werden. Der Laserstrahl 3 wird hierbei in der mit dem Pfeil angegebenen Richtung mit einer vorgebaren Scangeschwindigkeit über die Oberfläche 1 geführt. Benachbarte Bahnen 6 überlappen sich hierbei durch Wahl eines Spurenversatzes 8, der kleiner als die Spurbreite 7 ist. Die Länge 9 der einzelnen Bahnen 6 kann vorgegeben werden, ist jedoch durch das eingesetzte Laser-Abtastsystem begrenzt. Zur Bearbeitung größerer Oberflächenbereiche müssen daher mehrere der dargestellten Abschnitte 4 nacheinander bearbeitet werden. In der Figur 1 ist auch beispielhaft eine erste Umschmelztiefe 10 angedeutet, bis zu der das Werkstück 2 in der ersten Bearbeitungsstufe des vorliegenden Verfahrens umgeschmolzen wird. Neben einem runden Strahlquerschnitt lässt sich selbstverständlich auch ein anderer, beispielsweise rechteck- bzw. linienförmiger, Strahlquerschnitt 7a einsetzen wie er im unteren Teil der Figur beispielhaft angedeutet ist.

30 In dieser ersten Bearbeitungsstufe wird ein kontinuierliches oder gepulstes Lasersystem mit Pulslängen > 0,1 ms eingesetzt. Die Randschicht des Werkstückes 2 wird dabei gerade so tief aufgeschmolzen, dass auf der

Oberfläche 1 vorhandene Rauigkeiten geglättet werden. Diese erste Umschmelztiefe 10 ist an die Ausgangsrauigkeit anzupassen. Typische erste Umschmelztiefen 10 liegen im Bereich zwischen 10 und 100  $\mu\text{m}$ . Je größer die

5 Unebenheiten der Ausgangsoberfläche 1 sind, desto tiefer muss umgeschmolzen werden, um den notwendigen Volumenausgleich zu ermöglichen. So sind bspw. für

10 gefräste Oberflächen größere erste Umschmelztiefen erforderlich als für geschliffene Oberflächen. Durch

einen Einsatz eines kontinuierlichen Laserstrahls bzw. eines gepulsten Laserstrahls mit langen Pulslängen wird bei dieser Grobbearbeitung der ersten Bearbeitungsstufe ein Abdampfen von Material aus der Oberfläche 1

15 vermieden. Dadurch kann der Polierprozess mit deutlich geringerer Energie durchgeführt werden als bei Anwendungen, bei denen die Makrorauigkeiten abgetragen werden. Weiterhin werden lokale Überhitzungen im

Schmelzbad, die zu einem Materialabtrag und zu unerwünschten Schmelzbadbewegungen und damit zu einer

20 Verschlechterung der Oberflächenrauigkeit führen, weitestgehend vermieden.

Als Strahlquelle wird für diese erste Bearbeitungsstufe beim vorliegenden Verfahren vorzugsweise ein

25 Nd:YAG-, ein  $\text{CO}_2$ -, ein Diodenlaser oder eine Elektronenstrahlquelle eingesetzt. Die Laserleistung liegt hierbei im Bereich von 40 - 4000 W. Die Scangeschwindigkeit beträgt bei einem Strahldurchmesser von 100 - 1000  $\mu\text{m}$  etwa 30 - 300 mm/s wobei ein Spurversatz

30 zwischen 10 und 400  $\mu\text{m}$  gewählt wird. Vorzugsweise liegen die Wechselwirkungszeiten mit der Oberfläche zwischen 200  $\mu\text{s}$  und 10 ms. Durch mehrmaliges Überfahren der Oberfläche 1 bzw. des gerade in Bearbeitung

befindlichen Abschnittes 4 mit einer Drehung der Bearbeitungsrichtung um z.B.  $90^\circ$  kann das Glättungsergebnis in dieser ersten Bearbeitungsstufe weiter verbessert werden.

5

Figur 2 zeigt beispielhaft in stark schematisierter Darstellung einen Ausschnitt aus einem abstrahierten Ausgangsprofil (Figur 2a) einer zu bearbeitenden Oberfläche mit Makrorauigkeiten einer Höhe 11 von  $10\text{ }\mu\text{m}$  sowie einer Breite bzw. einem Abstand 10 12 von  $300\text{ }\mu\text{m}$  (nicht maßstabsgerecht eingezeichnet). Diese Maße entsprechen den typischen Abmessungen der Ausgangsrauigkeiten einer Oberfläche mit einer Frässtruktur.

15 In der Figur 2c ist hierbei der Effekt der ersten Bearbeitungsstufe des vorliegenden Verfahrens zu erkennen, bei dem die Oberfläche (vorher: gestrichelte Linie; nachher: durchgezogene Linie) bis zu einer Umschmelztiefe von etwa  $10\text{ }\mu\text{m}$  umgeschmolzen wird. Durch 20 die Umverteilung des Materials bei diesem Umschmelzvorgang wird eine Einebnung der Makrorauigkeiten erreicht.

Im Vergleich dazu zeigt Figur 2b ein Resultat, wie es beim Polieren durch flächiges Abtragen der Oberfläche erreicht wird. In diesem Beispiel ist deutlich 25 zu erkennen, dass die Makrorauigkeiten durch den flächigen Abtrag (20: abgetragene Materialbereiche) nicht vollständig beseitigt werden können.

30 Figur 3 zeigt schließlich zwei gemessene Oberflächenprofile einer zu bearbeitenden bzw. bearbeiteten Oberfläche. Figur 3a stellt das gemessene Profil einer unbearbeiteten, gefrästen Oberfläche dar, in dem die

Makrorauigkeiten noch deutlich erkennbar sind. Nach der Durchführung der ersten Bearbeitungsstufe des vorliegenden Verfahrens wird ein Profil dieser Oberfläche erreicht, wie es in der Figur 3b dargestellt ist. An dieser Figur ist die deutliche Glättung der Makrorauigkeiten nach der ersten Bearbeitungsstufe deutlich zu erkennen.

Bei größeren zu glättenden Oberflächen ist es erforderlich, mehrere der in der Figur 1 gezeigten Abschnitte 4 der Oberfläche 1 nacheinander mit der Laserstrahlung zu bearbeiten. Damit die Grenzen bzw. Ansätze jeweils benachbarter Abschnitte hierbei am späteren Werkstück nicht erkennbar sind, werden zum Rand dieser Abschnitte 4 hin die Bearbeitungsparameter kontinuierlich bzw. in Stufen so verändert, dass die erste Umschmelztiefe abnimmt. Figur 4 zeigt im Schnitt ein Beispiel für eine derartige Bearbeitungsstrategie. In diesem Schnitt grenzen zwei bearbeitete Abschnitte 4 aneinander. Im Übergangsbereich zwischen diesen beiden Abschnitten 4 wurde jeweils die Umschmelztiefe kontinuierlich reduziert, so dass in diesem Übergangsbereich keine sprunghafte Änderung der Glättung verursacht wird. Die Änderung der Bearbeitungsparameter zum Rand der Abschnitte 4 hin kann durch Defokussierung des Laserstrahls, durch Verringerung der Leistung, bspw. durch Leistungsrampen, durch Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit, bspw. durch Vorschubgeschwindigkeitsrampen, durch Variation der Position der Bahnen sowie durch Variation der Position der Anfangs-, der End- und der Umkehrpunkte erreicht werden.

Beim Polieren von Spritzgusswerkzeugen ist es erforderlich, dass die Kante an der Trennebene des Werkzeuges nicht verrundet wird, da dies zu einer unerwünschten Gratbildung an den mit dem Werkzeug hergestellten Kunststoffteilen führen würde. Um eine Verrundung an beizubehaltenden Kanten der Werkzeugoberfläche zu vermeiden, kann bei der Durchführung des vorliegenden Verfahrens eine ähnliche Strategie wie beim Aneinandersetzen von Bearbeitungsabschnitten angewendet werden. Die Bearbeitungsparameter werden dabei zur Kante hin so verändert, dass die erste Umschmelztiefe abnimmt. Die Kante selbst darf nicht umgeschmolzen werden, da dies immer zu einer Verrundung führt. Figur 5 zeigt hierzu im Querschnitt die Veränderung der ersten Umschmelztiefe 10 an einer zu erhaltenden Kante 13 eines Werkstückes 2. Aus dieser Figur ist ersichtlich, dass von beiden an die Kante 13 angrenzenden Abschnitten der Oberfläche 1 her die erste Umschmelztiefe 10 zur Kante 13 hin abnimmt, so dass an der Kante 13 selbst keine Umschmelzung stattfindet. Diese Verringerung der Umschmelztiefe kann durch eine Reduzierung der Laserleistung bzw. eine Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit zur Kante 13 hin erreicht werden.

25

Nach der Glättung der Oberfläche in der ersten Bearbeitungsstufe wird in einer zweiten Bearbeitungsstufe mit einem gepulsten Laser mit Pulslängen  $< 1 \mu\text{s}$  der Glanzgrad weiter erhöht. Dabei wird durch Wahl einer zweiten Umschmelztiefe 14, die kleiner als die erste Umschmelztiefe 10 ist, eine sehr dünne Randschicht von  $< 5 \mu\text{m}$  umgeschmolzen und verbliebene Mikrorauigkeitsspitzen 15 durch Verdampfen des



Materials abgetragen. Dies ist stark schematisiert in der Figur 6 dargestellt, in der die erste 10 und die zweite Umschmelztiefe 14 sowie die nach der ersten Bearbeitungsstufe verbliebenen Mikrorauigkeitsspitzen 5 15 angedeutet sind. Mit dieser zweiten Bearbeitungsstufe wird eine glänzende Oberfläche erreicht.

Figur 7 zeigt das gemessene Profil einer mit dem vorliegenden Verfahren geglätteten Oberfläche, wobei im 10 linken Teil der Figur die verbleibende Oberflächenrauigkeit nach der ersten Bearbeitungsstufe und im rechten Teil der Figur das Oberflächenprofil nach der zweiten Bearbeitungsstufe dargestellt sind. In dieser Darstellung ist die deutliche Verringerung der nach der 15 ersten Bearbeitungsstufe noch verbliebenen Mikro-  
rauigkeiten in der Größenordnung von  $\leq 0,1 \mu\text{m}$  an der Verringerung der Dicke der Linie erkennbar.

Die Bearbeitung erfolgt auch in der zweiten 20 Bearbeitungsstufe durch Abrastern der Oberfläche, bspw. auf einer mäanderförmigen Bahn. Typische Bearbeitungsparameter für die zweite Bearbeitungsstufe sind der Einsatz eines Nd:YAG- oder Excimer-Lasers mit einer Laserleistung von 5 - 200 W und eine Scangeschwin- 25 digkeit von 300 - 3000 mm/s bei einem Strahldurchmesser von 50 - 500  $\mu\text{m}$  und einem Spurversatz von 10 - 200  $\mu\text{m}$ .

Figur 8 zeigt schließlich eine photographische Darstellung einer Oberfläche, in der ein Bereich 16 30 nach einer Fräsbearbeitung, ein Bereich 17 nach der ersten Bearbeitungsstufe sowie ein Bereich 18 nach der zweiten Bearbeitungsstufe zu erkennen sind. Die durch die zweite Bearbeitungsstufe erreichte glänzende

Oberfläche im Vergleich zur Glättung durch die erste Bearbeitungsstufe bzw. zur ungeglätteten Oberfläche ist aus dieser Abbildung deutlich erkennbar.

- 5           Durch geeignete Wahl der Bearbeitungsparameter können Oberflächen auch so poliert werden, dass die in einer Oberfläche vorhandenen übergeordneten Strukturen erhalten bleiben, unerwünschte Mikrorauigkeiten jedoch beseitigt werden. Durch die Wahl der Bearbeitungs-
- 10 parameter, insbesondere der ersten Umschmelztiefe ist einstellbar, welche Strukturen der Oberfläche geglättet werden und welche bestehen bleiben. So ist es bspw. möglich, eine erodierte Oberfläche unter Erhaltung der Erodierstruktur hochglänzend zu polieren und somit
- 15 genarbte Oberflächen für Spritzgusswerkzeuge herzustellen, wie dies bspw. in der Figur 9 veranschaulicht ist. Die Figur zeigt im oberen Teil eine erodierte, nicht polierte Oberfläche mit den entsprechenden übergeordneten Strukturen 19 und Mikrorauigkeiten 15.
- 20 Im unteren Teil der Figur ist die gleiche erodierte Oberfläche nach der Glättung gemäß dem vorliegenden Verfahren dargestellt. Hierbei ist deutlich zu erkennen, dass die Mikrorauigkeiten vollständig beseitigt, die übergeordneten Strukturen 19 jedoch noch
- 25 vorhanden sind. Werden die Bearbeitungsparameter bei der Bearbeitung variiert, so können unterschiedlich stark geglättete Strukturen erzeugt und dadurch auch verschiedene Graustufen, bspw. für die Erzeugung von Beschriftungen auf der Oberfläche, realisiert werden.

**Bezugszeichenliste**

	1	Oberfläche
	2	Werkstück
5	3	Laserstrahl
	4	Abschnitt der Oberfläche bzw. Bearbeitungsfeld
	5	Spurbreite
	6	Bahnen
10	7	Strahldurchmesser
	7a	Strahlquerschnitt
	8	Spurversatz
	9	Bahnlänge
	10	erste Umschmelztiefe
15	11	Höhe der Makrorauigkeiten
	12	Breite bzw. Abstand der Makrorauigkeiten
	13	Kante
	14	zweite Umschmelztiefe
	15	Mikrorauigkeiten
20	16	unbehandelter Bereich
	17	bearbeiteter Bereich nach der ersten Bearbeitungsstufe
	18	bearbeiteter Bereich nach der zweiten Bearbeitungsstufe
25	19	übergeordnete Struktur
	20	abgetragenes Material

Patentansprüche

1. Verfahren zum Glätten und Polieren von Oberflächen durch Bearbeitung mit energetischer Strahlung (3), insbesondere Laserstrahlung, bei dem die zu  
5 glättende Oberfläche (1) in einer ersten Bearbeitungsstufe unter Einsatz der energetischen Strahlung (3) mit ersten Bearbeitungsparametern zumindest einmal bis zu einer ersten Umschmelztiefe (10) umgeschmolzen wird, die größer als eine  
10 Strukturtiefe von zu glättenden Strukturen der zu glättenden Oberfläche und  $\leq 100 \mu\text{m}$  ist, dadurch gekennzeichnet, dass in der ersten Bearbeitungsstufe kontinuierliche energetische Strahlung oder gepulste  
15 energetische Strahlung mit einer Pulsdauer  $\geq 100\mu\text{s}$  eingesetzt und die Oberfläche (1) bis zu einer ersten Umschmelztiefe (10) von 5 bis  $100 \mu\text{m}$  umgeschmolzen wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einer zweiten Bearbeitungsstufe unter Einsatz der energetischen Strahlung (3) mit zweiten Bearbeitungsparametern nach der ersten  
25 Bearbeitungsstufe auf der Oberfläche (1) verbleibende Mikrorauigkeiten durch Umschmelzen bis zu einer zweiten Umschmelztiefe (14), die kleiner als die erste Umschmelztiefe (10) ist, und Verdampfen von Rauigkeitsspitzen (15) eingeebnet  
30 werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die ersten Bearbeitungsparameter so gewählt  
5 werden, dass keine Abtragung von Material stattfindet.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 dass in der zweiten Bearbeitungsstufe gepulste Laserstrahlung mit einer Pulsdauer  $\leq 1\mu\text{s}$  eingesetzt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Oberfläche (1) in der ersten Bearbeitungsstufe bis zu einer ersten Umschmelztiefe (10) von ca. 10 bis 80  $\mu\text{m}$  umgeschmolzen wird.
- 20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Oberfläche (1) in der zweiten Bearbeitungsstufe bis zu einer zweiten Umschmelztiefe (14) von maximal 5  $\mu\text{m}$  umgeschmolzen wird.
- 25 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Oberfläche (1) in der ersten Bearbeitungsstufe mehrmals nacheinander umgeschmolzen  
30 wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,

dass die erste Umschmelztiefe bei jedem erneuten Umschmelzvorgang geringer gewählt wird als beim jeweils vorangehenden Umschmelzvorgang.

- 5    9.    Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die energetische Strahlung (3) in parallelen  
Bahnen (6) über die Oberfläche (1) geführt wird,  
wobei aufeinanderfolgende Umschmelzprozesse eines  
10    Abschnitts (4) der Oberfläche (1) jeweils mit um  
einen Winkel gedrehten Bahnen (6) durchgeführt  
werden.
- 15    10.    Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Bearbeitung in der ersten Bearbeitungs-  
stufe nacheinander in mehreren nebeneinander  
liegenden Abschnitten (4) der Oberfläche (1)  
erfolgt, wobei jeweils zum Rand der Abschnitte (4)  
20    hin die Bearbeitungsparameter kontinuierlich oder  
in Stufen so verändert werden, dass die erste  
Umschmelztiefe (10) zum Rand der Abschnitte (4)  
hin abnimmt.
- 25    11.    Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die ersten Bearbeitungsparameter in der  
ersten Bearbeitungsstufe zum Erhalt von Kanten  
(13) auf der Oberfläche (1) kontinuierlich oder in  
30    Stufen so verändert werden, dass die erste Um-  
schmelztiefe (10) zu den Kanten (13) hin abnimmt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Laserstrahlung (3) auf einer oder  
mehreren mäanderförmigen Bahnen (6) über die  
Oberfläche (1) geführt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Oberfläche (1) während der ersten und  
zweiten Bearbeitungsstufe mit Schutzgas  
beaufschlagt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Bearbeitung mit einem linienförmigen oder  
rechteckförmigen Strahlquerschnitt der  
energetischen Strahlung (3) erfolgt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die zu glättende Oberfläche (1) vor dem  
Umschmelzen vorgewärmt wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die ersten Bearbeitungsparameter so gewählt  
werden, dass in der zu glättenden Oberfläche (1)  
vorhandene übergeordnete Strukturen bei dem  
Umschmelzen erhalten bleiben.

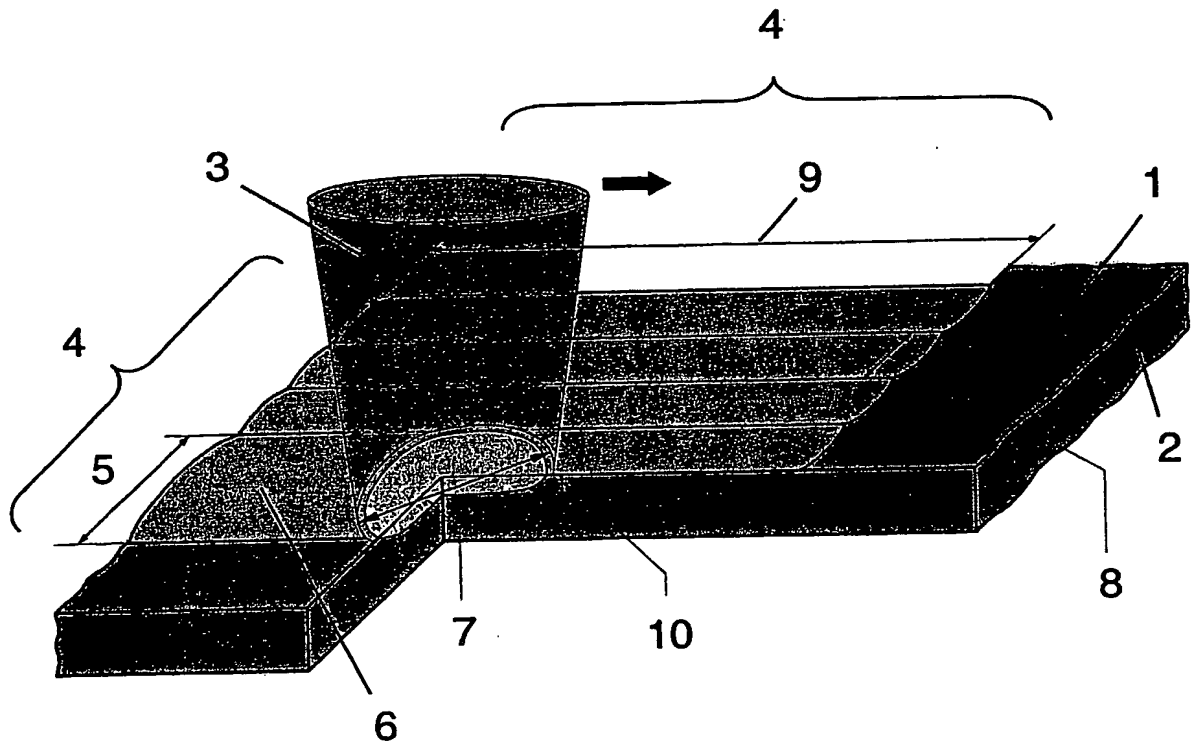
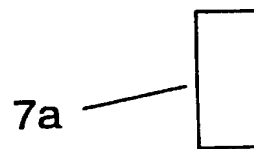
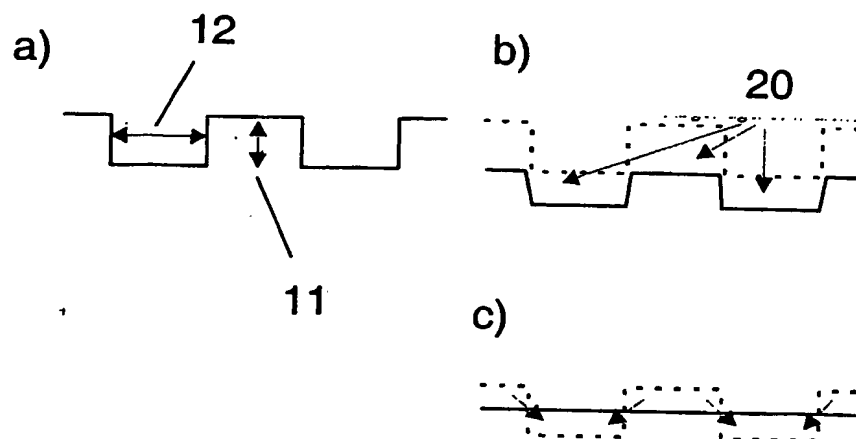
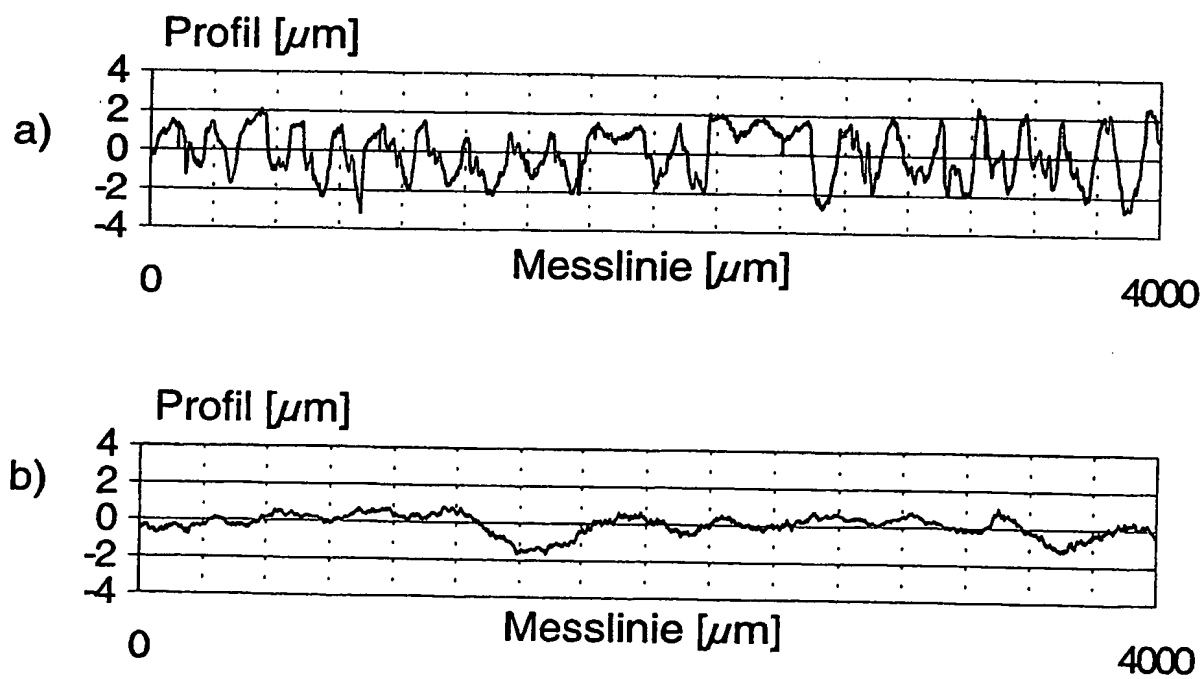


Fig. 1



BEST AVAILABLE COPY



Fig. 2Fig. 3

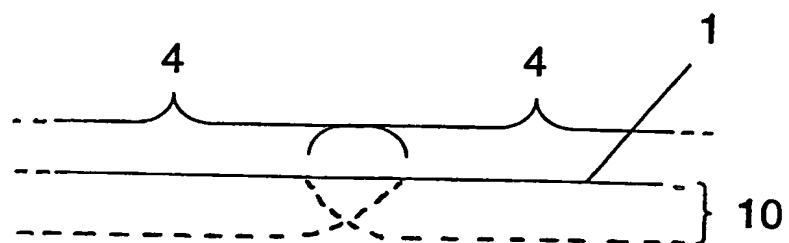


Fig. 4

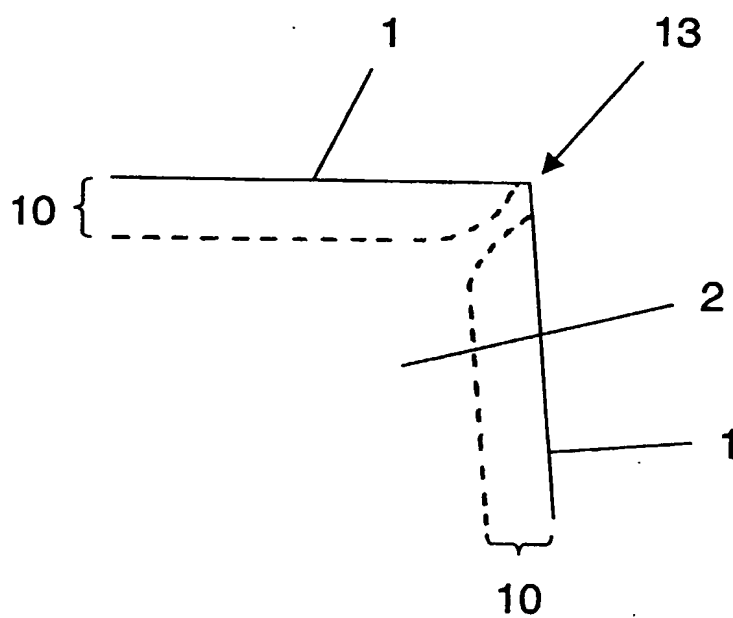
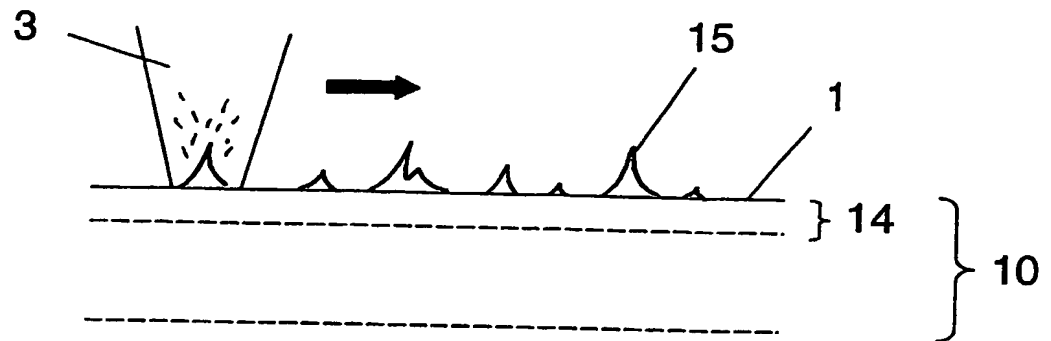
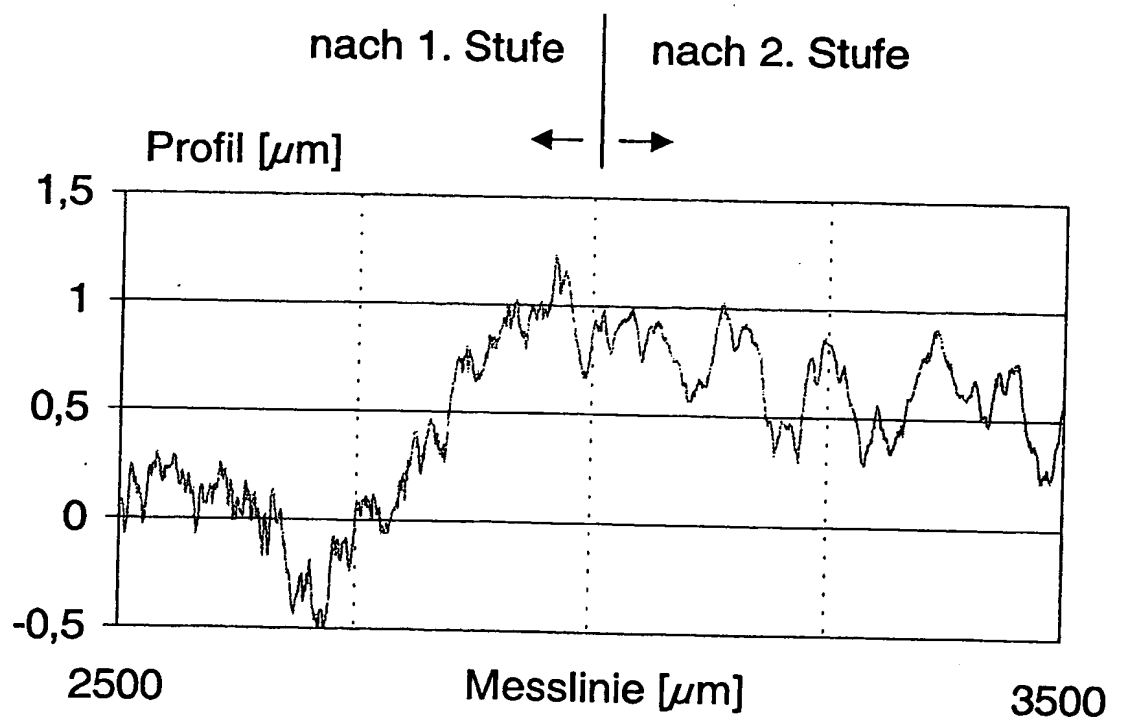


Fig. 5

Fig. 6Fig. 7

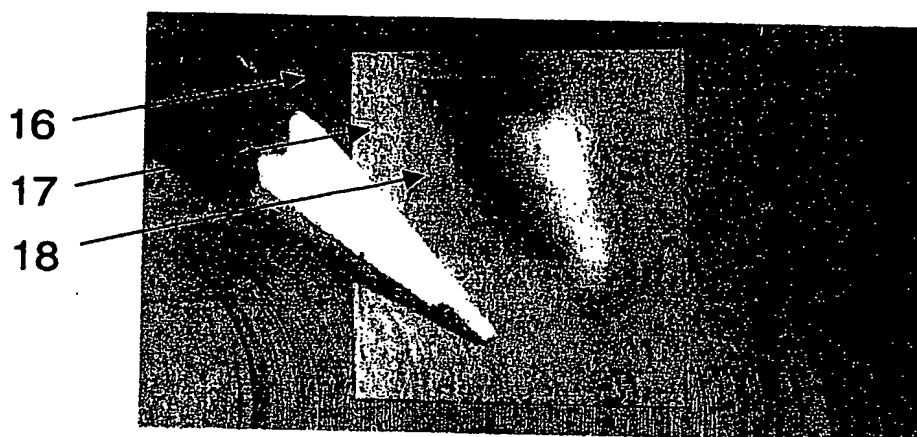


Fig. 8

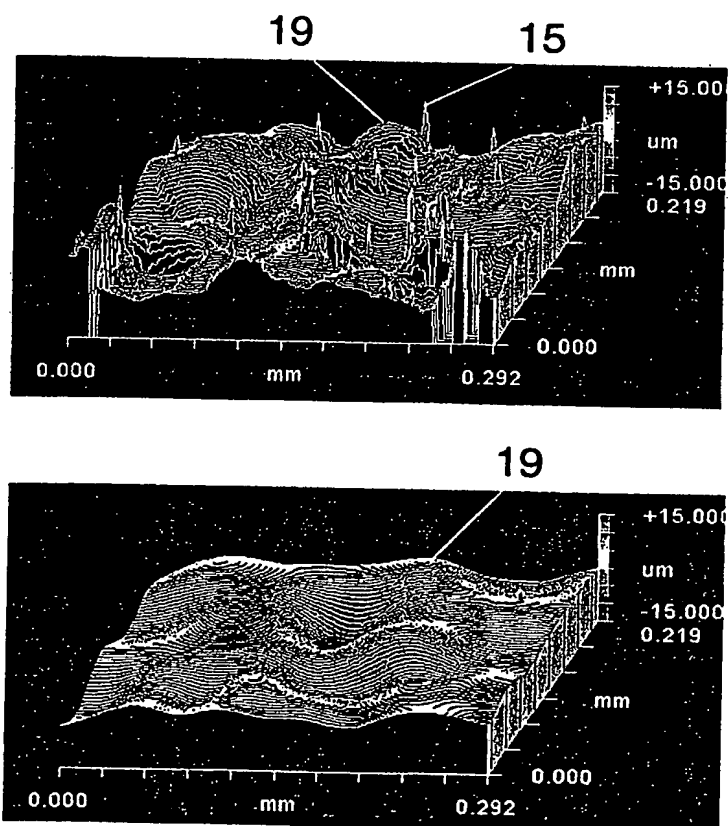


Fig. 9

BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/02093

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 7 C21D1/09 B23K26/00 B24B1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C21D B23K B24B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, METADEX, WPI Data, PAJ, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 96 31315 A (BESTENLEHRER ALEXANDER ; POLIERWERKSTATT FUER STAHLFORM (DE)) 10 October 1996 (1996-10-10) page 2, line 34 -page 3, line 5 ---	1, 3, 5, 7-16
X	DE 43 20 408 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 22 December 1994 (1994-12-22) column 1, line 7-13 ---	1
X	EP 0 601 451 A (OPEL ADAM AG ; GEN MOTORS ESPANA (ES)) 15 June 1994 (1994-06-15) column 2, line 11-16 --- -/-	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 October 2003

Date of mailing of the international search report

10/11/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Badcock, G

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/02093

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>SRIDHAR, K. (NAVAL MATERIALS RESEARCH LABORATORY) ET AL: "Formation of highly corrosion resistant stainless steel surface alloys for marine environments by laser surface alloying." CORROSION 98 (1998), 705/1-705/14, NUMERICAL DATA, PHOTOMICROGRAPHS, GRAPHS, 18 REF. NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS. P.O. BOX 218340, HOUSTON, TX 77084, USA CONFERENCE: CORROSION 98, SAN DIEGO, CA, USA, 22-27 MAR. 1998, XP001154715 table 2</p> <p>-----</p>	1-16

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/02093

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9631315	A	10-10-1996	DE 29505985 U1	20-07-1995
			AT 179107 T	15-05-1999
			AT 206340 T	15-10-2001
			AU 5269496 A	23-10-1996
			BR 9604851 A	30-11-1999
			CA 2217372 A1	10-10-1996
			WO 9631315 A1	10-10-1996
			DE 59601716 D1	27-05-1999
			DE 59607842 D1	08-11-2001
			DK 819036 T3	25-10-1999
			DK 854004 T3	07-01-2002
			EP 0819036 A1	21-01-1998
			EP 0854004 A1	22-07-1998
			ES 2130808 T3	01-07-1999
			ES 2162356 T3	16-12-2001
			JP 3258331 B2	18-02-2002
			JP 10508256 T	18-08-1998
			PT 854004 T	28-02-2002
DE 4320408	A	22-12-1994	DE 4320408 A1	22-12-1994
EP 0601451	A	15-06-1994	DE 4241527 A1	16-06-1994
			DE 59310090 D1	28-09-2000
			EP 0601451 A1	15-06-1994
			ES 2151496 T3	01-01-2001

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 C21D1/09 B23K26/00 B24B1/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C21D B23K B24B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, METADEX, WPI Data, PAJ, COMPENDEX

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 96 31315 A (BESTENLEHRER ALEXANDER ;POLIERWERKSTATT FUER STAHLFORM (DE)) 10. Oktober 1996 (1996-10-10) Seite 2, Zeile 34 -Seite 3, Zeile 5 ---	1, 3, 5, 7-16
X	DE 43 20 408 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 22. Dezember 1994 (1994-12-22) Spalte 1, Zeile 7-13 ---	1
X	EP 0 601 451 A (OPEL ADAM AG ;GEN MOTORS ESPANA (ES)) 15. Juni 1994 (1994-06-15) Spalte 2, Zeile 11-16 ---	1
	--- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Oktober 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/11/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Badcock, G



## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>SRIDHAR, K. (NAVAL MATERIALS RESEARCH LABORATORY) ET AL: "Formation of highly corrosion resistant stainless steel surface alloys for marine environments by laser surface alloying."</p> <p>CORROSION 98 (1998), 705/1-705/14, NUMERICAL DATA, PHOTOMICROGRAPHS, GRAPHS, 18 REF. NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS. P.O. BOX 218340, HOUSTON, TX 77084, USA CONFERENCE: CORROSION 98, SAN DIEGO, CA, USA, 22-27 MAR. 1998, XP001154715</p> <p>Tabelle 2</p> <p>-----</p>	1-16

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9631315	A	10-10-1996	DE 29505985 U1	20-07-1995
			AT 179107 T	15-05-1999
			AT 206340 T	15-10-2001
			AU 5269496 A	23-10-1996
			BR 9604851 A	30-11-1999
			CA 2217372 A1	10-10-1996
			WO 9631315 A1	10-10-1996
			DE 59601716 D1	27-05-1999
			DE 59607842 D1	08-11-2001
			DK 819036 T3	25-10-1999
			DK 854004 T3	07-01-2002
			EP 0819036 A1	21-01-1998
			EP 0854004 A1	22-07-1998
			ES 2130808 T3	01-07-1999
			ES 2162356 T3	16-12-2001
			JP 3258331 B2	18-02-2002
			JP 10508256 T	18-08-1998
			PT 854004 T	28-02-2002
DE 4320408	A	22-12-1994	DE 4320408 A1	22-12-1994
EP 0601451	A	15-06-1994	DE 4241527 A1	16-06-1994
			DE 59310090 D1	28-09-2000
			EP 0601451 A1	15-06-1994
			ES 2151496 T3	01-01-2001